



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO BRANDO NA PRESERVAÇÃO
DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DE UM *SMOOTHIE* DE FRUTAS TROPICAIS
AMARELAS**

**Efeito do tratamento térmico brando sobre os compostos bioativos de um *smoothie* de
frutas amarelas**

Área do conhecimento: Ciência e Tecnologia de Alimentos
Subárea do conhecimento: Ciência de Alimentos
Especialidade do conhecimento: Química, Física, Físico-Química e Bioquímica dos
Alimentos e das Matérias-Primas Alimentares

Relatório Final
Período da bolsa: de 08/2018 a 07/2019

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/COPES

Orientador: Lília Calheiros de Oliveira Barretto
Autor: Carolina Natalie Fontes Arôxa



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	5
3. METODOLOGIA.....	6
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
5. CONCLUSÕES.....	32
6. PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS.....	33
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
8. OUTRAS ATIVIDADES	39

1 INTRODUÇÃO

A busca da população por uma alimentação mais saudável tem refletido diretamente na indústria de alimentos, tanto com a adição de novos produtos de elevado valor nutricional, quanto com a melhoria dos produtos já existentes para que se adequem a este mercado crescente (CARVALHO; MATTIETTO; BECKMAN, 2017; MOURA et al., 2017).

A ingestão adequada de frutas e vegetais é primordial para uma dieta equilibrada, por serem fontes extremamente ricas de vários nutrientes essenciais como vitaminas, minerais e compostos bioativos, como carotenoides e fenólicos, responsáveis por promover inúmeros benefícios à saúde humana, possuindo efeitos preventivos em doenças cardiovasculares, câncer, hipertensão e outras doenças crônicas, como obesidade e diabetes (CASTILLEJO et al., 2017; GONZÁLEZ-TEJEDOR et al., 2017; CASTILLEJO et al., 2018; NADEEM et al., 2018).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2017), o país é destaque por sua grande diversidade de frutas nativas de aromas e sabores diferenciados e pelos elevados teores de compostos bioativos presentes em suas matrizes (CARVALHO-SILVA et al., 2014; CARVALHO; MATTIETTO; BECKMAN, 2017).

A manga (*Mangifera indica* L.), por exemplo, é uma fruta muito comum em diversas partes do mundo, principalmente nos países tropicais. Apresenta apreciação elevada a qual está diretamente relacionada às suas propriedades sensoriais como fragrância e coloração atrativas, bem como seu sabor exótico (MORALES-DE LA PEÑA et al., 2018; SAUTHIER et al., 2019). É geralmente consumida *in natura* ou na forma de sucos, geleias e néctares e a sua polpa contém elevados teores de vitamina C, carotenoides e diversos ácidos fenólicos, sendo o ácido gálico, o mais abundante e bioativo da sua matriz (ANCOS et al., 2018).

O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Flavicarpa) é a espécie mais cultivada e comercializada no país devido à excelente qualidade dos seus frutos (ZERAIK et al., 2010; PERTUZATTI et al., 2015). O cultivo dessa espécie está voltado prioritariamente para as indústrias de sucos e polpas, especialmente por conta da sua elevada acidez, maior tamanho

e peso, elevado teor de carotenoides, resistência a pragas e alta produtividade (ZERAİK et al., 2010; REIS et al., 2018).

Vários estudos indicam o potencial bioativo e funcional do maracujá, justificado pela presença de compostos fenólicos, carotenoides, ácidos graxos poli-insaturados, carboidratos, vitaminas, minerais e fibras, entre outras substâncias favoráveis ao bem-estar do organismo (CÓRDOVA et al. 2005; KOBORI; JORGE, 2005; ZERAİK; YARIWAKE, 2010; REIS et al., 2018).

A cenoura, de nome científico *Daucus carota* L., é considerada um importante vegetal de raiz amplamente consumido na dieta humana, seja processado ou *in natura* (SCARANO et al., 2018). Este tubérculo se destaca por possuir múltiplos benefícios nutricionais, pois contém uma matriz rica em carotenoides, principalmente α -caroteno e β -caroteno, promovendo atividades antioxidantes, anticarcinogênicas e antianêmicas, além de também ser utilizado para curar feridas (NADEEM et al., 2018; SCARANO et al., 2018; ŠEREGELJ et al., 2018).

Existe atualmente um mercado crescente para bebidas provenientes de misturas (*blends*) de frutas e/ou vegetais, proporcionando vantagens tanto nutricionais quanto organolépticas, melhorando a aceitação sensorial e incrementando compostos de interesse para a saúde no produto final, tornando-o mais conveniente e prático para o dia a dia (SOUSA et al., 2013; CARVALHO; MATTIETTO; BECKMAN, 2017; MORALES-DE LA PEÑA et al., 2018).

Os *smoothies* são bebidas não-alcóolicas, de consistência suculenta, preparados com frutas e/ou vegetais frescos ou congelados que são misturados e geralmente batidos com gelo e/ou outros componentes como leite, iogurte, sorvete, entre outros, para serem imediatamente consumidos (GONZÁLEZ-TEJEDOR et al., 2017; CASTILLEJO et al., 2018; MORALES-DE LA PEÑA et al., 2018).

Essa bebida possui, de forma geral, uma vida de prateleira curta. Reflexo do rompimento dos parênquimas das plantas durante a preparação do mesmo, permitindo que as enzimas de degradação entrem em contato mais facilmente com seus substratos. Também, os açúcares apresentam-se mais disponíveis para ação do microorganismos, limitando a estabilidade do produto. Diante destes fatores, os *smoothies* tendem a ser

consumidos no momento em que são preparados ou então são preservados por curtos períodos de tempo em refrigeração (GONZÁLEZ-TEJEDOR et al., 2017; CASTILLEJO et al., 2018; CANO-LAMADRID et al., 2018).

Por essa razão, um tratamento térmico brando, ou tratamentos equivalentes, podem ser aplicados durante o processamento do *smoothie* juntamente com baixas temperaturas de armazenamento para que haja a inativação das enzimas e redução da carga microbiana do produto (CASTILLEJO et al., 2017; GONZÁLEZ-TEJEDOR et al., 2017; CASTILLEJO et al., 2018). Contudo, esse tratamento deve ser feito de forma cautelosa para que não cause elevada degradação dos compostos fitoquímicos, nutricionais e nem alterações organolépticas indesejáveis ao produto final (CASTILLEJO et al., 2017).

Neste contexto, este projeto visa produzir um *smoothie* rico em compostos bioativos e avaliar a influência de diferentes tratamentos térmicos sobre a sua composição e vida de prateleira, como forma de atender às recomendações internacionais de promoção da saúde para a população brasileira.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o efeito de dois diferentes tratamentos térmicos sobre a qualidade e concentração de compostos bioativos de um *smoothie* elaborado com frutas tropicais amarelas.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as polpas de manga, maracujá e cenoura quanto à composição físico-química e atividade antioxidante;
- Quantificar os teores de compostos fenólicos, carotenoides e ácido ascórbico das polpas de manga, maracujá e cenoura;
- Caracterizar quanto à atividade antioxidante e quantificar os teores de compostos fenólicos das formulações do *smoothies* produzidas;
- Quantificar os teores de compostos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico e atividade antioxidante dos *smoothies* obtidos a partir dos diferentes tratamentos térmicos durante o período de estimativa da vida útil;

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Bioquímica e Química de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos do Campus São Cristóvão/UFS em parceria com o Instituto Tecnológico de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) e com o Laboratório de Agroindústria do Campus Sertão/UFS.

3.1 Aquisição das matérias-primas

As frutas e raízes (mangas, maracujás e cenouras) foram adquiridas em estabelecimentos comerciais locais em Nossa Senhora da Glória e transportadas para o laboratório de processamento de alimentos onde foram lavadas em água corrente para retirar possíveis sujidades. Em seguida, foi preparada uma solução de hipoclorito de sódio (150 mg.L^{-1}) para a realização da etapa de sanitização. As frutas ficaram imersas nesta solução padronizada por 20 minutos, de forma a reduzir a contaminação por agentes deteriorantes e patogênicos.

3.2 Polpas de manga e maracujá

As frutas foram secas, descascadas e cortadas para obtenção das polpas. As polpas de manga e maracujá foram extraídas em liquidificador de uso doméstico por 15 minutos, sendo posteriormente filtradas com o auxílio de uma peneira, seguindo as recomendações de Anjos e Cavalcante (2009).

As polpas foram acondicionadas em embalagens de polietileno tereftalato (PET), previamente esterilizadas, deixando-se um volume mínimo de *headspace*. As polpas foram imediatamente congeladas e estocadas durante um período de 20 dias até a obtenção dos *smoothies* para a condução das análises de caracterização físico-química e aceitação sensorial.

3.3 Polpa de cenoura

As cenouras, após lavadas e sanitizadas, foram previamente descascadas e cortadas em fatias. De forma a facilitar a extração da polpa, as cenouras foram submetidas à cocção em água fervente na proporção de 1:5 (cenoura:água; m/m). O tempo de cozimento foi de 20 minutos, medido quando o vegetal foi colocado na água (CAMORANI et al., 2015). Após o cozimento, as cenouras foram trituradas em liquidificador para obtenção da polpa

da cenoura. Em seguida, foram envasadas em embalagens de polietileno tereftalato (PET) e congeladas até o momento da realização das etapas subsequentes de formulação e procedimentos analíticos. As etapas de aquisição e processamento das polpas foram executadas por outro bolsista integrante do projeto.

3.4 Formulação dos *smoothies*

O planejamento experimental executado para elaboração dos *smoothies* foi realizado previamente por outro bolsista deste projeto de pesquisa. Vale ressaltar que foi empregado um planejamento de misturas *simplex-lattice*, com 10 formulações, como apresentado na Tabela 1. Os *smoothies* apresentaram como ingredientes base as polpas de manga, maracujá e cenoura, sendo as restrições de formulação similares às reportadas por Pereira et al. (2009):

- i. Proporção mínima de polpa de manga de 65 % e máxima de 82,5 %;
- ii. Proporção mínima de polpa de maracujá de 15 % e máxima de 32,5 %;
- iii. Proporção mínima de polpa de cenoura de 2,5 % e máxima de 20 %.

Tabela 1 – Planejamento de misturas *simplex-lattice* para processamento dos *smoothies*.

Formulação	Variáveis codificadas		
	Manga (X_1)	Maracujá (X_2)	Cenoura (X_3)
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
4	0,5	0,5	0
5	0,5	0	0,5
6	0	0,5	0,5
7	0,68	0,16	0,16
8	0,16	0,68	0,16
9	0,16	0,16	0,68
10	0,33	0,33	0,34

Fonte: Autoria própria.

Tais formulações foram então submetidas à análise de aceitação sensorial (Parecer 3.0.13.681 do Comitê de Ética em Pesquisa da UFS), também referente a outro plano de trabalho deste mesmo projeto. A formulação que apresentou maior conceito sensorial foi

então utilizada para condução das atividades posteriores, especificamente, realização dos tratamentos térmicos e estimativa da vida útil dos produtos baseada na caracterização microbiológica.

3.5 Tratamento térmico

Dois tratamentos térmicos diferentes, identificados como T1 e T2, foram realizados. Para o tratamento T1, o *smoothie* foi submetido ao aquecimento em um banho-maria com temperatura de 80°C por 3 minutos. No tratamento T2, o binômio temperatura \times tempo foi de 90°C por 45 segundos, respectivamente. Após os aquecimentos previstos em T1 e T2, as amostras foram resfriadas em banho de gelo sob agitação constante até atingir a temperatura de 4°C. Também foi obtida uma amostra controle, a qual não foi tratada termicamente. Os *smoothies* foram envasados em embalagens de polietileno tereftalato (PET), previamente esterilizadas, deixando-se um volume mínimo de *headspace*. Esta atividade também integrava o plano de trabalho de outro bolsista integrante do projeto.

3.6 Estimativa da vida útil

Para avaliar a estimativa da vida útil dos *smoothies* tratados sob diferentes condições térmicas, foram realizadas as análises de coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella* spp e contagem de bolores e leveduras. Foram utilizadas as metodologias recomendadas pelo *Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods* (APHA, 2001). Esta atividade compreendeu o plano de trabalho de outro bolsista integrante do projeto.

3.7 Métodos analíticos

3.7.1 Caracterização físico-química

As amostras utilizadas nas análises de caracterização físico-química foram as polpas de manga, maracujá e cenoura. A caracterização das diferentes formulações do *smoothie*, da amostra controle e das tratadas termicamente foram realizadas previamente por outro bolsista deste projeto de pesquisa.

3.7.1.1 Determinação da umidade

A determinação da umidade foi efetuada segundo a metodologia 012/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) de perdas por dessecação em estufa até massa

constante. Primeiramente, um grama da amostra foi pesada, em triplicata, em cadinho de porcelana e aquecida a 105 °C durante uma hora em estufa (Quimis, modelo Q314M223, Brasil). Após o aquecimento, as amostras foram transferidas ao dessecador até atingirem temperatura ambiente. Em seguida, foram pesados novamente até que obtivessem peso constante. O valor da umidade foi então determinado pela diferença das massas do conjunto cadinho e amostra como mostra a Equação 1.

$$\text{Umidade (g.100g}^{-1}\text{)} = \frac{(C_i - C_f)}{m} \times 100 \quad (1)$$

Onde,

C_f – massa da cápsula com amostra no peso constante;

C_i – massa da cápsula com amostra inicial;

m – massa da amostra inicial.

3.7.1.2 Determinação de sólidos totais

A análise de sólidos totais foi realizada segundo a metodologia 015/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde a amostra foi pesada, em triplicata, em cápsulas de vidro previamente aquecidas em estufa (Quimis, modelo Q314M223, Brasil) a 105 °C por 2 horas e resfriadas em dessecador até temperatura ambiente. As cápsulas contendo um grama de amostra foram aquecidas em estufa a 105 °C por 24 horas, esfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas em balança analítica (Shimadzu, modelo AY220, Brasil). Esta operação foi repetida até obtenção do peso constante das amostras. O teor de sólidos totais foi calculado utilizando-se a Equação 2.

$$\text{Matéria Seca (g.100g}^{-1}\text{)} = \frac{(C_f - C_o)}{m} \times 100 \quad (2)$$

Onde,

C_f – massa da cápsula com amostra no peso constante;

C_o – massa da cápsula sem amostra;

m – massa da amostra inicial.

3.7.1.3 Determinação de pH

A análise de pH foi realizada segundo a metodologia 017/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde foram conduzidas diluições (4 gramas da amostra para 20 mL de água destilada) para as amostras pastosas ou sem diluição para as amostras totalmente líquidas. Em seguida, foi determinado o pH, em triplicata, com o pHmetro (Digimed, modelo DM20, Brasil) previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções do fabricante.

3.7.1.4 Determinação de sólidos solúveis por refratometria

A análise de sólidos solúveis por refratometria foi realizada segundo a metodologia 315/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde se ajusta o refratômetro (Akso, modelo RHB32, Brasil) com água e, em seguida, transfere-se de 3 a 4 gotas da amostra, em triplicata, no prisma do mesmo. O valor medido em graus Brix é corrigido em relação à temperatura ambiente e, por fim, anotado o resultado final obtido.

3.7.1.5 Determinação da acidez total titulável

A análise de acidez total foi realizada segundo a metodologia 016/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde foi pesado, em triplicata, um grama da amostra e transferido ao Erlenmeyer juntamente com 50 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionadas três gotas de solução de fenolftaleína e tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,1 ou 0,01 M até atingir a coloração rósea. O teor de acidez total foi calculado utilizando-se a Equação 3.

$$\text{Acidez total (g.100g}^{-1}\text{)} = \frac{V \times f}{P \times c} \times 100 \quad (3)$$

Onde,

V = mL da solução de NaOH 0,1 ou 0,01 M gasto na titulação;

f = fator da solução de NaOH 0,1 ou 0,01 M;

P = gramas da amostra usadas na titulação;

c = correção para solução de NaOH 1 M: 10 para solução de NaOH 0,1 M e 100 para solução de NaOH 0,01 M.

3.7.1.6 Determinação de lipídios totais

A análise de lipídios totais foi realizada segundo a metodologia 032/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde foi pesado, em triplicata, um grama da amostra em pesa-filtro com papel de filtro, sendo submetido a secagem em estufa a 105°C por uma hora. O papel de filtro foi transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet, assim como o balão de fundo chato, previamente tarado em estufa a 105 °C. Foi adicionado o éter em quantidade suficiente para um Soxhlet, que foi acoplado a um condensador de bolas. O balão foi mantido sob aquecimento em extração por 6 horas e, em seguida, retirado e transferido para a estufa a 105 °C por 1 hora, pesando e repetindo as operações de aquecimento em estufa e resfriamento até a obtenção do peso constante. O teor de lipídios totais foi calculado utilizando-se a Equação 4.

$$\text{Lipídios totais (g.100g}^{-1}\text{)} = \frac{(P_f - P_o)}{m} \times 100 \quad (4)$$

Onde,

P_f – massa do balão com amostra no peso constante;

P_o – massa do balão sem amostra;

m – massa da amostra inicial.

3.7.1.7 Determinação de resíduo mineral fixo

A análise de cinzas foi realizada segundo a metodologia 018/IV descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), onde foi pesado, em triplicata, um grama da amostra em cadinho de porcelana, previamente tarado, seco em banho-maria (Quimis, modelo Q334M-28, Brasil) e, em seguida, incinerado em mufla (Quimis, modelo 6318M24, Brasil) a 550 °C até a completa eliminação do carvão e a mudança da coloração das cinzas para branco. Por fim, o cadinho é retirado da mufla, pesado em balança analítica (Shimadzu AY220, Brasil) e repetida as operações de aquecimento e resfriamento até que se obtenha peso constante. O teor de cinzas foi calculado utilizando-se a Equação 5.

$$\text{Cinzas (g.100g}^{-1}\text{)} = \frac{(Pf - Po)}{m} \times 100 \quad (5)$$

Onde,

Pf – massa do cadinho com amostra no peso constante;

Po – massa do cadinho sem amostra;

m – massa da amostra inicial.

3.7.1.8 Determinação de proteínas

A análise de proteínas foi realizada segundo a metodologia descrita por E. Angelucci (1987), onde foram pesados 10 gramas de mistura catalítica para cada tubo digestor a ser utilizado e 0,12 gramas de glicina para o tubo específico da glicina. Em seguida, 1 mL de amostra foi pesado em cada tubo, em triplicata, e todos foram adicionados de 20 mL de ácido sulfúrico P.A. e inseridos no digestor de proteína (Tecnal, modelo TE 1468150, Brasil) até atingirem a coloração azul-esverdeada. Após completa digestão, os tubos são removidos do digestor e inseridos, um a um, no destilador (Kjelflex modelo K-360, Büchi Labortechnik AG, Suíça), já programado, e titulados com titulador potenciométrico (Titrino Plus modelo 848, METROHM, Suíça), gerando assim os respectivos resultados. O teor de proteínas foi calculado utilizando-se a Equação 6.

$$\text{Proteínas (\%)} = \frac{Vg \times 1,4007 \times N \times f}{m} \times F \quad (6)$$

Onde,

Vg – volume da amostra - volume do branco;

N – normalidade da solução de HCl;

f – fator da solução de HCl;

F – fator de conversão;

m – massa ou volume da amostra inicial.

3.7.1.9 Determinação de carboidratos

O cálculo para a determinação de carboidratos na amostra está especificada na Equação 7 abaixo.

$$\text{Carboidratos (kcal.100g}^{-1}\text{)} = 100 - (P + L + U + R) \quad (7)$$

Onde,

P – teor de proteínas;

L – teor de lipídios;

U – teor de umidade;

R – teor de resíduo mineral.

3.7.1.10 Determinação do valor calórico

O cálculo para a determinação do valor calórico na amostra está especificada na Equação 8.

$$\text{Valor calórico (kcal.100g}^{-1}\text{)} = (4 \times P) + (9 \times L) + (4 \times C) \quad (8)$$

Onde,

P – teor de proteínas;

L – teor de lipídios;

C – teor de carboidratos.

3.8 Determinação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante

As amostras utilizadas nas análises de determinação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante foram as polpas de manga, maracujá e cenoura, as formulações de *smoothie* pré-tratamento térmico e o *smoothie* escolhido pós-tratamento térmico.

3.8.1 Determinação dos carotenoides totais

A quantificação do teor de carotenoides totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita inicialmente por Bhaskarachary et al. (1995), tendo sido adaptada uma versão deste método por Pacheco et al. (2001) e Nellis et al. (2017).

Primeiramente, pesaram-se 2 gramas da amostra, que foram transferidas para um graal de porcelana, onde foram adicionados 1,5 gramas de celite 545 P.A. e 25 mL de acetona P.A., sendo macerada toda a mistura. A mesma foi filtrada à vácuo em cadinho de vidro com placa sinterizada e lavada com acetona P.A. até o celite não apresentar coloração

característica de carotenoides e, em seguida, foi transferida para um funil de separação contendo 25 mL de éter de petróleo P.A.

Para a remoção total da acetona, a mistura foi lentamente lavada com aproximadamente 50 mL de água destilada por três vezes e na última lavagem, adicionou-se o sulfato de sódio anidro diretamente no funil de separação para auxiliar na separação das fases. Após a separação do extrato (fase superior) e água (fase inferior), sendo essa descartada, o mesmo foi transferido para um balão volumétrico de 50 mL e avolumado com o éter de petróleo P.A. até o menisco.

Por fim, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Varian, Modelo Cary 50 UV-Vis, Estados Unidos). Para a determinação do licopeno, utilizou-se o comprimento de onda de 470 nm e para a determinação do betacaroteno, foi usado o comprimento de onda de 450 nm. O cálculo para a determinação do teor de carotenoides totais na amostra está especificada na Equação 9 abaixo.

$$\text{Carotenoides totais (mg.100g}^{-1}\text{)} = \frac{A \times V \times 1.000.000}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times M \times 100} \quad (9)$$

Onde,

A – absorbância da solução no comprimento de onda de 470 nm para o licopeno e de 450 nm para o betacaroteno;

V – volume final da solução;

$A_{1\text{cm}}^{1\%}$ – coeficiente de extinção ou coeficiente de absorvidade molar de um pigmento em um determinado solvente específico (3450 para o licopeno e 2592 para o betacaroteno);

M – massa da amostra tomada para a análise.

3.8.2 Determinação de compostos fenólicos totais

A quantificação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita inicialmente por Singleton e Rossi (1965), tendo sido adaptada uma versão deste método por Boroski et al. (2015). Para a produção dos extratos, primeiramente foram pesados 3 g da amostra em balão volumétrico de 10 mL e avolumados com etanol P.A., agitados manualmente, deixados em repouso por 10 minutos e filtrados, com o auxílio

de papel de filtro, para um frasco âmbar para que não houvesse nenhuma degradação dos compostos fenólicos na presença de luz.

Para essa determinação, foram colocados em cada tubo de ensaio 250 μL de cada extrato e adicionou-se 250 μL do reagente de Folin-Ciocalteu (diluído 1:1). Em seguida foram adicionados 500 μL de tampão carbonato de sódio (Na_2CO_3) e 4 mL de água destilada aos tubos, sendo posteriormente mantidos em repouso no escuro em temperatura ambiente por 25 minutos e centrifugados (Eppendorf Centrifuge, modelo 5804R, Alemanha) por 10 minutos a 3000 rpm para se proceder à leitura em espectrofotômetro UV/Visível (Biospectro, modelo SP-200, Brasil) a 725 nm. Em adição, preparou-se uma solução de referência com os mesmos reagentes, substituindo apenas os 250 μL da amostra por etanol P.A. Os ensaios foram elaborados em triplicata.

Na construção da curva de calibração seguiu-se o mesmo procedimento, no entanto, os 250 μL de amostra foram substituídos por diferentes concentrações de ácido gálico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$). Desta forma, os compostos fenólicos totais foram expressos em equivalentes de ácido gálico (mg EAG.g^{-1} de amostra).

3.8.3 Determinação de ácido ascórbico

A quantificação do teor de ácido ascórbico foi realizada de acordo com o método da AOAC (1996), tem sido adaptada uma versão reportada por Oliveira et al. (2010). Primeiramente, 0,5 gramas de amostra foram homogeneizadas em 50 mL de ácido metafosfórico 1% durante o período de 3 minutos. A solução resultante foi titulada com DCFI (2,6-diclorofenol-indofenol).

O indicador DCFI foi preparado utilizando 50 mg de DCFI e 20 mg de bicarbonato de sódio em 100 mL de água destilada e foi padronizado com 10 mL de uma solução padrão de 10 mg.100 mL^{-1} de ácido 1-ascórbico. O ponto final da titulação foi identificado quando a solução titulada apresentou uma coloração rósea, mantendo-se por um período de 15 segundos para a confirmação do ponto de viragem. O cálculo para a determinação do teor de ácido ascórbico na amostra está especificado na Equação 10 e 11 apresentadas abaixo.

$$\text{Ácido ascórbico (mg.100g}^{-1}\text{)} = \frac{V \times f}{m} \times 100 \quad (10)$$

e

$$f = \frac{10 \times c}{p} \quad (11)$$

Onde,

p – volume (mL) gasto de indicador DCFI que reage com 10 mL de uma solução padrão de ácido 1-ascórbico;

c – concentração (mg.mL⁻¹) da solução padrão de ácido 1-ascórbico;

V – volume (mL) de indicador DCFI utilizado na titulação da amostra;

m – quantidade de amostra (g) utilizada na extração.

3.8.4 Determinação de atividade antioxidante

A análise de atividade antioxidante pelo método ABTS^{•+} foi realizada segundo a metodologia descrita por Re et al. (1999) e adaptada por Boroski et al. (2015).

O preparo do cátion radicalar ABTS^{•+} foi feito a partir da reação de 5 mL de solução estoque de ABTS com 88 µL de solução de persulfato de potássio (K₂S₂O₈). Essa mistura foi deixada em repouso, ao abrigo da luz e em temperatura ambiente, por 16 horas antes do uso. Em seguida, 1 mL do radical ABTS^{•+} (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)) foi diluído em etanol até se obter uma medida de absorbância da ordem de 0,700 (± 0,050) a um comprimento de onda de 734 nm.

Para a produção dos extratos, assim como na determinação de compostos fenólicos totais, foram pesados 3 g da amostra em balão volumétrico de 10 mL e avolumados com etanol P.A., agitados manualmente, deixados em repouso por 10 minutos e filtrados, com o auxílio de papel de filtro, para um frasco âmbar para que não houvesse nenhuma degradação dos compostos fenólicos na presença de luz.

Foram colocados em cada tubo de ensaio 30 µL de cada extrato e adicionou-se 3 mL da solução ABTS^{•+} homogeneizando a mistura e sendo mantidos em repouso, ao abrigo da luz em temperatura ambiente, por 6 minutos para, em seguida, fazer a leitura de absorbância em espectrofotômetro UV/Visível (Bioespectro, modelo SP-200, Brasil).

A capacidade antioxidante da amostra foi calculada com relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico), nas mesmas condições do método e os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$ de amostra). Os ensaios foram elaborados em triplicata.

3.9 Análise dos dados experimentais

As médias dos valores encontrados na adaptação metodológica para a quantificação de compostos fenólicos totais foram conduzidas em quadruplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias, teste de Levene e teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Para a determinação da correlação de ácido ascórbico, carotenoides totais e compostos fenólicos com a atividade antioxidante das amostras estudadas, foi aplicada a correlação de Pearson entre os parâmetros supracitados (SANTOS et al., 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização físico-química das polpas

As polpas de maracujá, cenoura e manga foram analisadas quanto à sua caracterização físico-química, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Caracterização físico-química das polpas de manga, cenoura e maracujá.

Análises físico-químicas	Amostras		
	Polpa de Maracujá	Polpa de Cenoura	Polpa de Manga
Umidade (g.100g⁻¹)	91,90 ± 0,65	94,99 ± 0,46	88,38 ± 0,38
Lipídios (g.100g⁻¹)	1,11 ± 0,18	1,19 ± 0,67	1,14 ± 0,66
Sólidos totais (g.100g⁻¹)	8,10 ± 0,65	5,07 ± 0,47	11,37 ± 0,05
Acidez total (g.100g⁻¹)	2,30 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,24 ± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	8,32 ± 0,00	5,54 ± 0,03	13,81 ± 0,06
Cinzas (g.100g⁻¹)	0,26 ± 0,05	0,34 ± 0,09	0,39 ± 0,03
Proteína (g.100g⁻¹)	1,12 ± 0,03	0,60 ± 0,01	0,74 ± 0,02
pH	4,56 ± 0,03	5,52 ± 0,04	3,05 ± 0,01
Carboidratos (kcal.100g⁻¹)	5,35 ± 0,74	2,93 ± 1,29	9,46 ± 1,16
Valor calórico (kcal.100g⁻¹)	35,89 ± 1,42	24,79 ± 0,90	51,07 ± 1,26

Fonte: Autoria própria.

As polpas de manga e maracujá foram analisadas de acordo com o regulamento técnico do Ministério da Agricultura e do Abastecimento para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta conforme a Instrução Normativa Nº 01, de 7 de Janeiro de 2000, descrita na Tabela 3 abaixo (BRASIL, 2000).

Tabela 3 – Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para as polpas de manga e de maracujá.

Análises físico-químicas	Amostras			
	Polpa de Maracujá		Polpa de Manga	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Sólidos totais (g.100g ⁻¹)	11,00	—	14,00	—
Acidez total (g.100g ⁻¹)	2,50	—	0,32	—
Sólidos solúveis (°Brix)	11,00	—	11,00	—
pH	2,7	3,8	3,3	4,5
Açúcares totais naturais (g.100g ⁻¹)	—	18,00	—	17,00

Fonte: Instrução Normativa N° 01, de 7 de Janeiro de 2000.

O fato de alguns valores, como pH, acidez total, sólidos totais e sólidos solúveis estarem fora dos padrões desejados para ambas as polpas se deve, principalmente, por conta da maturação dessas frutas no momento do seu processamento. Ainda que haja variações nos teores de sólidos solúveis, pH e acidez, estes valores não interferem no resultado final do *smoothie* produzido.

Hernández-Carranza et al. (2016) em seus estudos sobre bebidas de cenoura, obtiveram valores de pH de $6,1 \pm 0,1$ e de acidez total de $0,09 \pm 0,01$ %. Já Martínez-Flores et al. (2015), analisando os parâmetros físico-químicos de sucos de cenoura, reportaram resultados de pH de $6,80 \pm 0,01$ e de acidez total de $0,29 \pm 0,01$ %. Os valores obtidos no presente trabalho para a polpa de cenoura encontram-se dentro do intervalo dos valores descritos na literatura.

Sepúlveda et al. (1996) observaram uma alteração na coloração do suco de maracujá (*P. edulis*) em diferentes épocas de colheita, onde no inverno o teor de carotenoides era mais elevado do que no verão, o que gerava sucos de coloração mais forte. Além disso, os

frutos colhidos no verão possuíam maiores teores de sólidos solúveis e menores teores de acidez, influenciando assim, na síntese dos carotenoides do fruto.

As diferentes formulações dos *smoothies*, o *smoothie* controle e os *smoothies* tratados termicamente (T1 e T2) também foram analisados quanto à sua caracterização físico-química, desenvolvida por outro bolsista deste projeto de pesquisa, conforme apresentado na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 4. Caracterização físico-química das formulações de *smoothie*.

Formulação	Sólidos solúveis totais (SST; °Brix)	Acidez titulável total (ATT; g.100g ⁻¹)	pH	Relação SST/ATT
1	12,1 ± 5,4	9,8 ± 4,4	4,0 ± 1,8	1,2 ± 0,5
2	11,1 ± 4,9	12,0 ± 5,4	3,4 ± 1,6	0,9 ± 0,4
3	12,0 ± 1,5	8,9 ± 4,0	3,9 ± 1,8	1,3 ± 0,6
4	12,4 ± 2,6	14,1 ± 6,3	3,6 ± 1,6	0,9 ± 0,4
5	12,3 ± 0,7	10,1 ± 4,5	3,9 ± 1,8	1,2 ± 0,5
6	11,2 ± 2,6	12,8 ± 5,7	3,5 ± 1,6	0,9 ± 0,4
7	12,1 ± 3,1	11,6 ± 5,2	3,6 ± 1,6	1,0 ± 0,5
8	11,1 ± 4,1	11,1 ± 5,0	3,8 ± 1,7	1,0 ± 0,5
9	10,3 ± 4,5	9,6 ± 4,3	3,8 ± 1,7	1,1 ± 0,5
10	11,0 ± 4,9	7,1 ± 3,2	4,0 ± 1,8	1,5 ± 0,7

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5. Caracterização físico-química dos *smoothies* tratados termicamente e *smoothie* controle.

Tratamentos térmicos	Sólidos solúveis totais (SST; °Brix)	Acidez titulável total (ATT; g.100g ⁻¹)	pH	Relação SST/ATT
T1	10,06 ^a ± 0,05	15,80 ^a ± 0,10	3,61 ^a ± 0,02	1,56 ^a ± 0,01
T2	10,20 ^b ± 0,00	17,50 ^b ± 0,10	3,55 ^b ± 0,01	1,71 ^b ± 0,01
TC	10,16 ^b ± 0,05	16,30 ^c ± 0,15	3,55 ^b ± 0,03	1,60 ^c ± 0,01

T1: Tratamento térmico 1 (80 °C por 03 min). T2: Tratamento térmico 2 (90 °C por 45 s). TC: Tratamento Controle. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria.

Os parâmetros físico-químicos dos *smoothies* foram determinados após a execução do planejamento de misturas *simplex-lattice*, desenvolvido por outro bolsista do projeto. Na Tabela 6, estão apresentadas todas as análises realizadas, sendo a condução de cada método analítico realizada em triplicata.

Tabela 6. Caracterização físico-química dos *smoothies*.

Etapas	Análises
Planejamento <i>simplex-lattice</i> 10 amostras	pH (IAL, 2008)
	Sólidos solúveis totais (IAL, 2008)
	Acidez total titulável (IAL, 2008)
	Relação SST/ATT
Influência do tratamento térmico 03 amostras	pH (IAL, 2008)
	Sólidos solúveis totais (IAL, 2008)
	Acidez total titulável (IAL, 2008)
	Relação SST/ATT

IAL: Instituto Adolfo Lutz. Fonte: Autoria própria.

4.2 Determinação dos compostos bioativos e da atividade antioxidante

Preliminarmente, testes analíticos utilizando diferentes métodos para a determinação do teor de compostos fenólicos totais foram realizados para uma melhoria na padronização

do processo, pois na literatura científica, há diversas metodologias diferentes aplicadas para essa determinação.

No primeiro teste, foi utilizada a metodologia descrita por Boroski et al. (2015) para estudar as diferenças da reação do Folin Ciocalteu com o ácido gálico e com o catecol, em água destilada, testando diferentes concentrações da solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3) entre saturada, a 7,5 % (m/v) e a 10,75 % (m/v). Os resultados obtidos utilizando a solução de Na_2CO_3 a 7,5 % se mostraram com elevada oscilação durante a leitura no espectrofotômetro e abaixo dos valores obtidos com as soluções saturadas e a 10,75 %, sendo assim descartada. Os valores apresentaram-se estatisticamente semelhantes quando comparadas as soluções de Na_2CO_3 saturada e a 10,75 % (m/v), fazendo com que fosse escolhida esta solução de forma a minimizar os gastos com o reagente carbonato de sódio P.A.

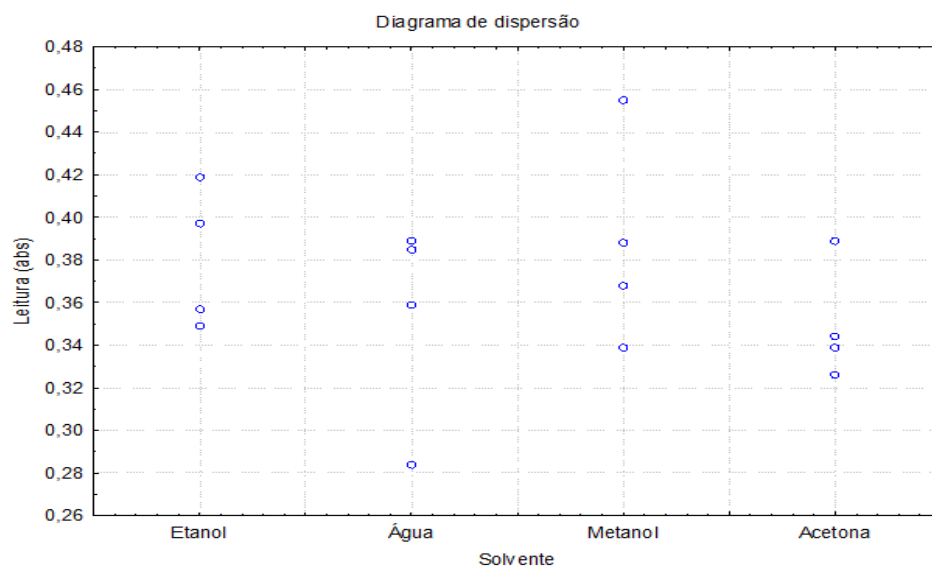
No segundo teste analítico, foi aplicado um planejamento experimental para avaliar o efeito de diversos solventes (etanol, metanol, água destilada e acetona a 7 % v/v) e em comprimentos de onda distintos (725 nm e 760 nm), para quantificar compostos fenólicos totais segundo a metodologia proposta por Boroski et al. (2015). A partir do delineamento de blocos casualizados foram avaliados 08 diferentes tratamentos.

Para ambos os comprimentos de onda avaliados, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos ao nível de significância de $p < 0,0001$. O teste de homogeneidade das variâncias por tratamento mostrou que o tratamento com água e com metanol apresentaram médias elevadas e com variâncias elevadas, implicando em heterocedasticidade. Quanto à normalidade dos resíduos, todos os valores aproximaram-se da reta normal e a suposição de normalidade dos dados foi atendida. O teste de Levene apresentou distribuição normal para as respostas dos solventes estudados, com maior dispersão para a água, como mostram os Gráficos 1 e 2 nos diagramas de dispersão dos diversos solventes em ambos comprimentos de onda.

Por fim, as condições operacionais desenvolvidas demonstraram então que ambos os comprimentos de onda foram eficientes para a quantificação dos compostos fenólicos e os solventes etanol, metanol e acetona (7 %; v/v) foram os mais apropriados para a extração destes componentes. O solvente etanol P.A. foi escolhido para dar continuidade às análises

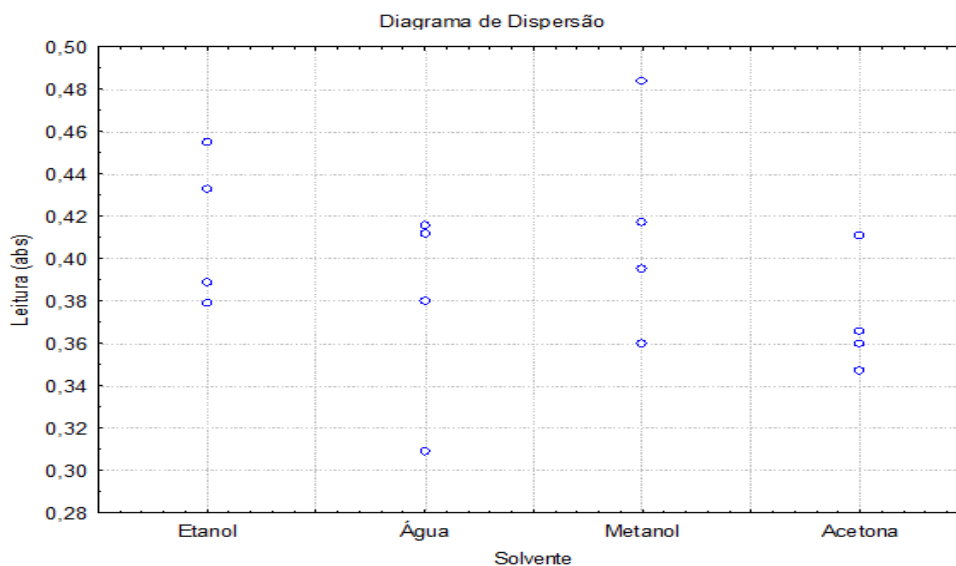
do projeto por conta dos seus bons resultados durante o delineamento experimental e da sua maior facilidade de obtenção pelo laboratório.

Gráfico 1 – Diagrama de dispersão dos diversos solventes no comprimento de onda de 725 nm.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 2 – Diagrama de dispersão dos diversos solventes no comprimento de onda de 760 nm.



Fonte: Autoria própria.

As curvas padrão de ácido gálico para a determinação de compostos fenólicos totais e de trolox para a atividade antioxidante por ABTS foram produzidas, gerando suas respectivas equações ($Y = 0,0043x + 0,0097$ e $Y = -0,0003x + 0,6621$, respectivamente) e R^2 (0,9926 e 0,9989, respectivamente).

Para o terceiro e quarto teste, amostras de polpa de manga, maracujá e cenoura foram analisadas quanto ao teor de compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante para a determinação da concentração ideal do extrato produzido, sendo utilizado o solvente etanol como extrator. Testou-se as concentrações de 200 g.L⁻¹ e 300 g.L⁻¹, resultando em valores de absorbância ideais e mais próximas do centro da respectiva curva padrão quando utilizadas concentrações de 300 g.L⁻¹.

Foram produzidos, por outra aluna de iniciação científica vinculada ao projeto, diversos *smoothies* com proporções alternadas das polpas de manga, maracujá e cenoura, conforme o planejamento de misturas simplex-lattice, resultando nas formulações descritas na Tabela 1.

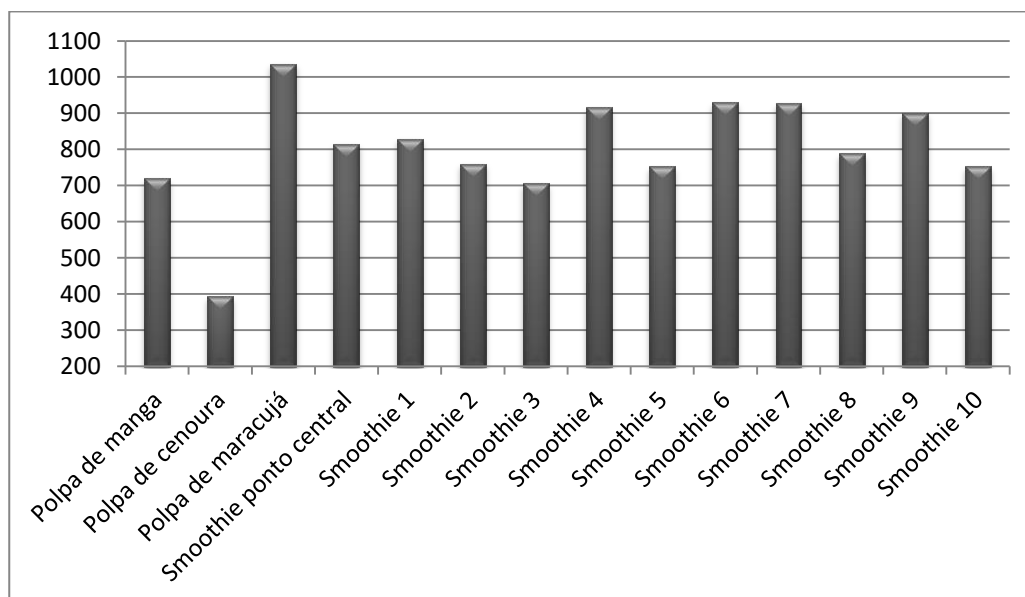
As polpas de manga, maracujá e cenoura e as diversas formulações de *smoothie* foram analisadas quanto a sua atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais, como mostra a Tabela 7 e os Gráficos 3, 4 e 5.

Tabela 7 – Teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante das polpas e das formulações de *smoothie*.

Amostras	Atividade antioxidante ABTS ⁺ ($\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$)	Compostos fenólicos totais (mg EAG.g^{-1})
Polpa de manga	719,22 \pm 34,70	121,31 \pm 10,19
Polpa de cenoura	393,67 \pm 56,57	30,92 \pm 4,06
Polpa de maracujá	1.035,89 \pm 20,37	169,53 \pm 1,49
<i>Smoothie</i> ponto central	814,78 \pm 17,11	167,36 \pm 3,61
<i>Smoothie</i> 1	829,22 \pm 30,06	158,21 \pm 22,31
<i>Smoothie</i> 2	760,33 \pm 89,63	118,91 \pm 12,01
<i>Smoothie</i> 3	707,00 \pm 32,83	126,27 \pm 10,58
<i>Smoothie</i> 4	915,89 \pm 21,17	185,49 \pm 8,93
<i>Smoothie</i> 5	752,56 \pm 20,09	127,82 \pm 9,07
<i>Smoothie</i> 6	931,14 \pm 45,99	163,09 \pm 13,31
<i>Smoothie</i> 7	927,00 \pm 57,74	172,24 \pm 10,97
<i>Smoothie</i> 8	789,22 \pm 53,16	143,71 \pm 9,53
<i>Smoothie</i> 9	901,44 \pm 41,67	157,51 \pm 16,45
<i>Smoothie</i> 10	753,67 \pm 14,53	116,82 \pm 22,35

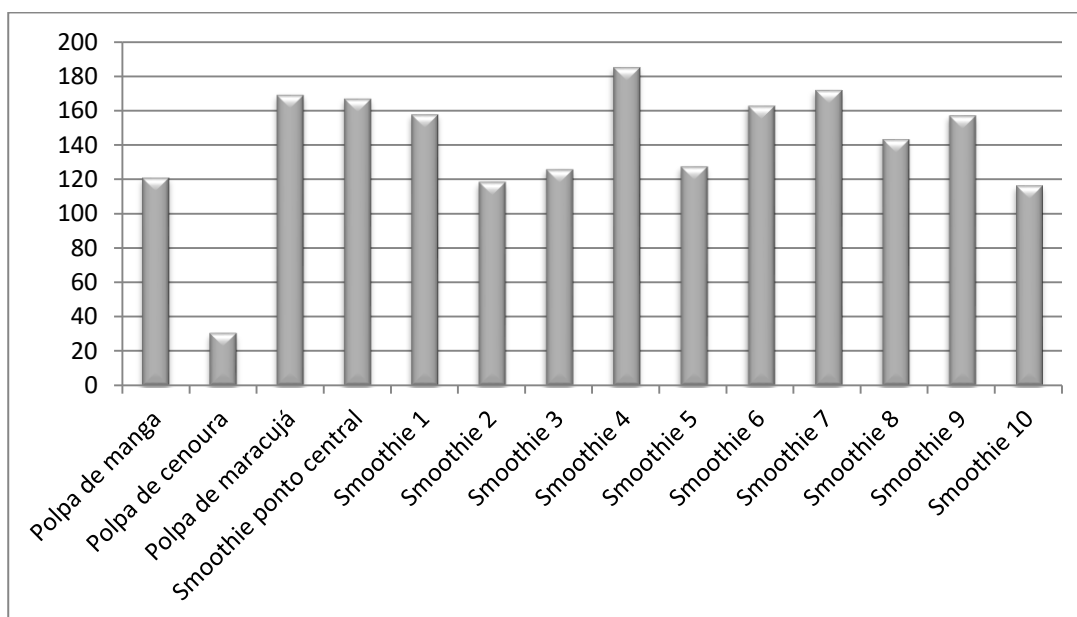
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 3 – Atividade antioxidante ABTS⁺ ($\mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$) das polpas e formulações dos *smoothies*.



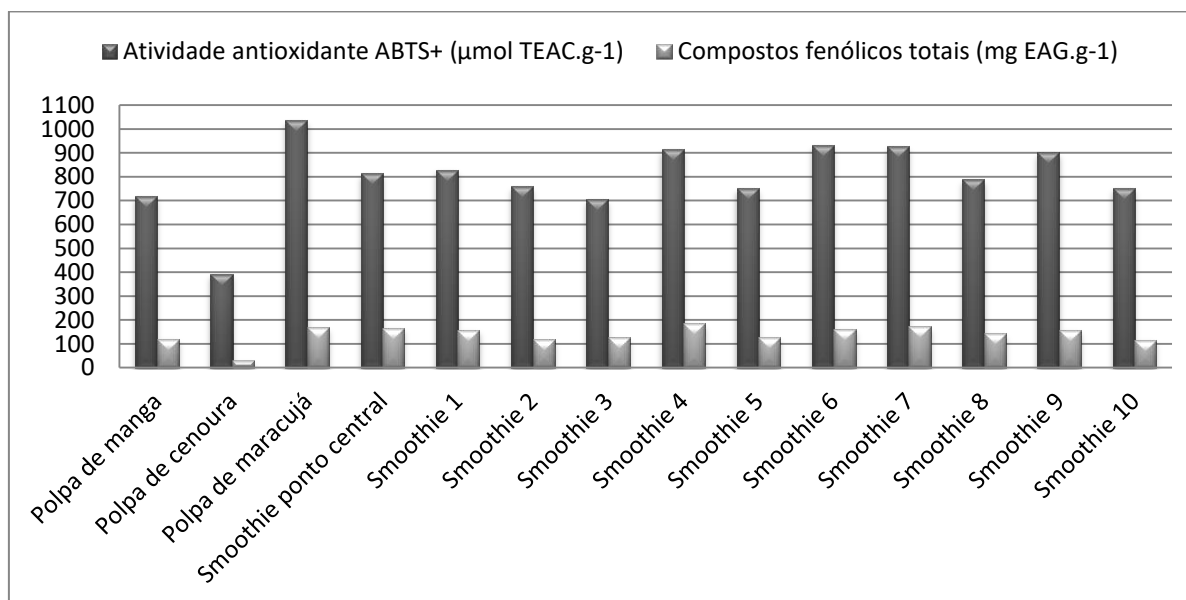
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 4 – Teor de compostos fenólicos totais (mg EAG.g⁻¹) das polpas e das formulações dos *smoothies*.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5 – Comparação dos teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante das amostras analisadas.



Fonte: Autoria própria.

A polpa de maracujá deteve um maior valor de atividade antioxidante ($1.035,89 \pm 20,37 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$), apesar de não conter o maior teor de compostos fenólicos ($169,53 \pm 1,49 \text{ mg EAG.g}^{-1}$). Isso se deve ao maracujá possuir outros compostos bioativos de ação antioxidante além dos fenólicos, como por exemplo, seu principal componente, os carotenoides (ZERAİK et al., 2010).

A polpa de cenoura obteve os menores teores de compostos fenólicos ($30,92 \pm 4,06 \text{ mg EAG.g}^{-1}$) e de atividade antioxidante ($393,67 \pm 56,57 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$). Ainda assim, Hernández-Carranza et al. (2016), em seu estudo sobre o tratamento de bebidas de cenoura com luz ultravioleta, obtiveram um teor de compostos fenólicos cerca de quatro vezes menor, com $8,6 \pm 0,3 \text{ mg EAG.100 mL}^{-1}$. Apesar dos resultados, a cenoura deteve de uma ação antioxidante significativa quando comparada com outros resultados reportados pela literatura.

Os maiores teores de compostos fenólicos totais foram obtidos nos *smoothies* 4 ($185,49 \pm 8,93 \text{ mg EAG.g}^{-1}$) e 7 ($172,24 \pm 10,97 \text{ mg EAG.g}^{-1}$) e, percebe-se que estes valores elevados estão relacionados com as baixas concentrações da polpa de cenoura em suas formulações. Quanto à atividade antioxidante, os maiores resultados obtidos foram os

smoothies 6 ($931,14 \pm 45,99 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$), 7 ($927,00 \pm 57,74 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$) e 4 ($915,89 \pm 21,17 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$). Demonstrando assim, que as melhores formulações do *smoothie*, em relação às análises de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante foram a formulação 4 e a 7, pois obtiveram ambos os teores elevados.

Castillejo et al. (2017) em sua pesquisa, relataram um teor de atividade antioxidante pelo método ABTS⁺ de $395.7 \pm 22.4 \text{ mg TEAC kg}^{-1}$ para um *smoothie* de vegetais verdes, valor este, muito inferior aos obtidos no presente trabalho. Ribeiro et al. (2018) reportaram teores de compostos fenólicos totais de $209,36 \pm 5,93$, 194.49 ± 3.85 e $203.16 \pm 12.91 \text{ mg EAG.100 g}^{-1}$ para diferentes processamentos de um *smoothie* de juçara, banana e morango, apresentando valores similares aos obtidos no projeto.

Após a produção e caracterização das 10 formulações do *smoothie*, uma análise sensorial foi aplicada, por outra aluna de iniciação científica vinculada ao projeto, a fim de determinar a formulação de maior aceitação. Foi avaliado cor, sabor, aroma, impressão global e intenção de compra de 69 avaliadores, seguido pelo tratamento estatístico dos resultados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância.

Diante dos resultados analisados, a formulação do *Smoothie* 7 (76,90% de polpa de manga, 17,80% de polpa de maracujá e 5,30% de polpa de cenoura) apresentou maiores notas sensoriais dentre as amostras, de forma que foi a escolhida para a investigação do melhor tratamento térmico a ser utilizado.

Também feito por outra aluna de iniciação científica do projeto, os dois tratamentos térmicos realizados tiveram como diferença o binômio temperatura \times tempo, onde em T1 o *smoothie* foi submetido à temperatura de 80 °C por 03 minutos, e em T2 à temperatura de 90 °C por 45 segundos, havendo também uma amostra controle, a qual não foi tratada termicamente.

Em seguida, as polpas de manga, maracujá e cenoura, a amostra controle e as amostras de ambos os tratamentos térmicos do *smoothie* foram analisadas quanto a sua atividade antioxidante, teor de compostos fenólicos totais, carotenoides totais, ácido ascórbico e sólidos totais como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Teor de compostos fenólicos totais, carotenoides totais, ácido ascórbico, sólidos totais e atividade antioxidante das polpas, *smoothie* controle e *smoothies* tratados termicamente.

Amostra	Atividade antioxidante ABTS ⁺ ($\mu\text{mol}_{\text{TEAC}}\cdot\text{g}^{-1}$)	Compostos fenólicos totais ($\text{mg}_{\text{EAG}}\cdot\text{g}^{-1}$)	Carotenoides totais		Ácido ascórbico ($\text{mg}_{\text{AA}}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Sólidos totais (%)
			($\text{mg}_{\text{LIC}}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	($\text{mg}_{\text{B-CAR}}\cdot 100\text{g}^{-1}$)		
Polpa de manga	445,33 ^a ± 11,79	156,35 ^a ± 26,31	14,56 ^a ± 0,55	22,91 ^a ± 1,52	6,54 ^a ± 1,38	11,36 ^a ± 0,03
Polpa de maracujá	765,33 ^b ± 7,07	121,70 ^a ± 10,85	5,03 ^b ± 0,50	10,94 ^b ± 0,79	16,85 ^b ± 2,10	8,25 ^b ± 0,04
Polpa de cenoura	167,00 ^c ± 4,71	19,26 ^b ± 6,41	57,19 ^c ± 0,91	88,27 ^c ± 0,97	6,31 ^a ± 1,16	5,27 ^c ± 0,10
<i>Smoothie</i> controle	411,44 ^a ± 30,25	152,94 ^a ± 15,53	14,02 ^a ± 0,80	23,17 ^a ± 0,07	5,35 ^a ± 1,19	10,46 ^d ± 0,09
<i>Smoothie</i> T80t03	511,44 ^d ± 54,19	150,30 ^a ± 22,25	13,56 ^a ± 0,71	24,09 ^a ± 0,68	8,43 ^c ± 0,50	10,41 ^d ± 0,23
<i>Smoothie</i> T90t45	515,89 ^d ± 80,02	171,54 ^c ± 20,15	13,99 ^a ± 1,45	25,07 ^a ± 2,41	6,53 ^a ± 1,15	10,38 ^d ± 0,26

TEAC: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity; EAG: Equivalente de Ácido Gálico; LIC: Licopeno; B-CAR: Beta-caroteno; AA: Ácido Ascórbico. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Os *smoothies* tratados termicamente obtiveram resultados similares ou superiores em relação à amostra controle, devendo-se ao fato do tratamento térmico causar a inibição das enzimas de degradação da planta, mantendo assim, seus compostos bioativos presentes por um maior período de tempo (GONZÁLEZ-TEJEDOR et al. 2017).

González-Tejedor et al. (2017) reportaram, em seu estudo sobre *smoothies* de vegetais roxos, que o tratamento térmico (90 °C por 45 s) também não ocasionou diferenças significativas nos valores da atividade antioxidante por ABTS das amostras.

Observou-se que a amostra de maior atividade antioxidante foi o maracujá, com $765,33 \pm 7,07 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$. Reis et al. (2018) analisou o potencial antioxidante e os respectivos componentes moleculares principais da polpa e casca do maracujá amarelo, gerando resultados com elevados teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos em sua composição.

Para os valores da atividade antioxidante por ABTS^+ , os dois tratamentos térmicos geraram resultados semelhantes ($511,44 \pm 54,19 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$ – T1; $515,89 \pm 80,02 \mu\text{mol TEAC.g}^{-1}$ – T2), demonstrando assim que ambas as pasteurizações conseguiram preservar os compostos bioativos presentes, assim como inibir a degradação química e enzimática dessas amostras.

Castillejo et al. (2018), Ribeiro et al. (2018), Patras et al. (2009) e Odriozola-Serrano et al. (2008) também não obtiveram mudanças significativas, algumas com leve aumento, no teor de compostos fenólicos totais após tratamento térmico para um *smoothie* de vegetais verdes (80 °C por 3 min e 90 °C por 45 s), *smoothie* de frutas (90 °C por 35 s), suco de tomate (90 °C por 60 s) e purê de cenoura e tomate (70 °C por 2 min), respectivamente.

Moura et al. (2017) reportaram um teor de compostos fenólicos totais de $71.72 \pm 0.23 \text{ mg EAG.100g}^{-1}$ também para um *smoothie* de frutas amarelas, valor este menor do que o encontrado no presente trabalho.

A polpa de cenoura obteve o menor teor de compostos fenólicos totais ($19,26 \pm 6,41 \text{ mg EAG.g}^{-1}$) entre as amostras. Contudo, resultados similares foram encontrados por Martínez-Flores et al. (2015) em suco de cenoura ($20,25 \pm 0,91 \text{ mg EAG.g}^{-1}$) onde registraram que durante o período de estocagem esse valor foi aumentando.

Isso ocorreu, pois as plantas respondem aos danos mecânicos com o aumento dos compostos fenólicos, produzidos para reparar esses danos e defender a planta de qualquer invasão microbiana. Além disso, quando as plantas estão danificadas, estas passam a sofrer uma contaminação microbiana, além de outros fatores de estresse, e o seu mecanismo de resposta é produzir mais compostos fenólicos (MARTÍNEZ-FLORES, et al. 2015).

Para o teor de compostos fenólicos totais, o tratamento térmico T2 (90 °C por 45 segundos) obteve resultados melhores do que o tratamento térmico T1 (80 °C por 3 min),

confirmando que o curto tempo de pasteurização consegue conservar melhor esses compostos, mesmo com a utilização de temperaturas mais elevadas.

Como esperado, a polpa de cenoura obteve os maiores resultados de carotenoides totais, tanto expressos em licopeno ($57,19 \pm 0,91 \text{ mg}_{\text{LICOPENO}}.100\text{g}^{-1}$) quanto em β -caroteno ($88,27 \pm 0,97 \text{ mg } \beta\text{-CAROTENO}.100\text{g}^{-1}$). Seregelj et al. (2018) otimizaram a extração dos compostos bioativos da cenoura e analisaram o teor carotenoides totais, gerando como resultado $24,20 \pm 0,01 \text{ mg } \beta\text{-caroteno}.100 \text{ g}^{-1}$, valor este inferior ao obtido no presente trabalho.

Castillejo et al. (2018) em seu estudo sobre *smoothies* de vegetais verdes, obtiveram teores de carotenoides totais para *smoothie* controle, *smoothie* T1 (80 °C por 03 min) e *smoothie* T2 (90 °C por 45 s), de $0,88 \pm 0,20$; $0,47 \pm 0,04$ e $0,50 \pm 0,12 \text{ mg}.100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Com isso, observaram uma redução inicial no teor de carotenoides totais, contudo reportaram que o tratamento térmico evitou uma posterior degradação durante o período de estocagem das amostras.

Para o teor de carotenoides totais, ambos os tratamentos térmicos geraram resultados semelhantes entre si e com o *smoothie* controle. Demonstrando assim que ambos os tratamentos conseguiram preservar a capacidade bioativa dos carotenoides presentes nas amostras.

Ambos os *smoothies* tratados termicamente, T1 e T2, apresentaram resultados mais elevados de quantificação de vitamina C ($8,43 \pm 0,50$ e $6,53 \pm 1,15 \text{ mg AA}.100\text{g}^{-1}$, respectivamente) em relação ao *smoothie* controle ($5,35 \pm 1,19 \text{ mg AA}.100\text{g}^{-1}$). González-Tejedor et al. (2017) também relataram não haver diferenças significativas no teor de vitamina C após o tratamento térmico em seu *smoothie* de vegetais roxos.

Durante o preparo do *smoothie*, ocorre a ruptura das células das plantas utilizadas e, consequentemente, libera o acesso das enzimas oxidativas aos seus respectivos substratos (CASTILLEJO et al. 2017). Contudo, a aplicação de ambos os tratamentos térmicos levou a inativação dessas enzimas, ocasionando na preservação desse importante composto bioativo e antioxidante.

Verificou-se que a amostra de maior teor de ácido ascórbico foi a polpa de maracujá, com $16,85 \pm 2,10 \text{ mg AA}.100\text{g}^{-1}$. Em seu estudo sobre as propriedades

nutricionais e antioxidantes de nove frutas diferentes, Semptembre-Malaterre et al. (2016) reportaram que o maracujá obteve o terceiro melhor resultado quanto ao teor de ácido ascórbico ($44,4 \pm 2,9$ mg AA.100g⁻¹), atrás apenas do mamão Solo ($84,9 \pm 4,4$ mg AA.100g⁻¹) e do mamão Colombo ($51,5 \pm 4,7$ mg AA.100g⁻¹).

González-Tejedor et al. (2017) também observou que o efeito do tempo de estocagem afetou significativamente na degradação do teor de vitamina C no *smoothie* de vegetais roxos, porém não houve diferenças significativas dessa decréscimo entre a amostra controle e a termicamente processada.

Para o teor de ácido ascórbico, o tratamento térmico T1 (80 °C por 03 min) se mostrou mais vantajoso em relação ao tratamento térmico T2 (90 °C por 45 s), notando-se que a temperatura mais elevada utilizada no tratamento T2 ocasionou uma maior degradação da vitamina C presente no *smoothie*, comprovando a sensibilidade térmica da mesma.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que ambos os tratamentos térmicos brandos investigados se mostraram positivos quanto à manutenção da qualidade e concentração dos compostos bioativos presentes no *smoothie* de frutas amarelas.

A formulação de *smoothie* de número 7 (76,90% de polpa de manga, 17,80% de polpa de maracujá e 5,30% de polpa de cenoura) deteve os teores mais elevados de compostos fenólicos totais e de maior atividade antioxidante. Ainda esta foi também a formulação de maior aceitação sensorial.

Tanto para a determinação da atividade antioxidante quanto para o teor de carotenoides totais, os tratamentos térmicos T1 (80 °C por 03 min) e T2 (90 °C por 45 s) obtiveram resultados semelhantes entre si, comprovando assim que ambos conseguiram preservar a importante e primordial capacidade bioativa desses compostos.

Quanto ao teor de compostos fenólicos totais, o tratamento térmico T2 constatou resultados melhores do que o tratamento térmico T1, certificando que o menor período de tempo do processo consegue manter a qualidade desses compostos, mesmo com a utilização de temperaturas mais elevadas.

Para o teor de ácido ascórbico, o tratamento térmico T1 validou possuir maiores benefícios, confirmando que, por a vitamina C deter de elevada sensibilidade térmica, uma temperatura levemente mais branda resultou numa degradação inferior da mesma.

O produto final de alto valor agregado obtido no presente trabalho demonstrou dispor de grande potencial inovador, de maneira saudável e funcional, dispondo de inúmeras propriedades benéficas à saúde, sendo a principal delas a atividade antioxidante. Fazendo, por fim, com que se demonstre um maior incentivo para o desenvolvimento da vasta agroindústria sergipana e brasileira.

6 PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS

Os resultados obtidos são muito promissores, entretanto, novos estudos podem ainda ser realizados visando o aperfeiçoamento dos processos e a obtenção de produtos em escala comercial. Para isto, sugere-se:

1. Aperfeiçoar e padronizar a seleção das frutas utilizadas para a produção do *smoothie*, de forma que haja total conformidade com a legislação brasileira;
2. Aprofundar estudos de caracterização do *smoothie* com mais análises como, por exemplo, identificação dos compostos bioativos por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC);
3. Padronizar tanto a temperatura de estocagem quanto a embalagem utilizada para o acondicionamento do *smoothie*;
4. Realizar mais análises no âmbito da atividade antioxidante, como por exemplo, DPPH e FRAP;
5. Realizar análises no campo da reologia do *smoothie*.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IN, A. P. H. A. Frances, PD and Keith, I.(Eds.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Washington, DC, 2001.

ANGELUCCI, E. et al. Manual técnico de análises de alimentos. **Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos**, p. 52-53, 1987.

A.O.A.C. Official Methods of Analysis. Washington, DC. **Association of Official Analytical Chemists**. E.U.A. vol II, 16 ed. 1996.

BHASKARACHARY, K. et al. Carotene content of some common and less familiar foods of plant origin. **Food Chemistry**, v. 8146, n. 95, p. 189–193, 1995.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. **Antioxidantes: Princípios e métodos analíticos**. 141 p. 1 ed. Appris, Curitiba, 2015.

BRASIL. Instrução Normativa n.1, de 07 de janeiro de 2000. Estabelece o Regulamento Técnico para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para a polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. Seção 1, n. 6, p. 54-58. 2000.

CAMORANI, P. et al. Raman spectroscopy application in frozen carrot cooked in different ways and the relationship with carotenoids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 95, n. 11, p. 2185-2191, 2015.

CANO-LAMADRID, M. et al. Formulation and storage effects on pomegranate smoothie phenolic composition, antioxidant capacity and color. **LWT - Food Science and Technology**, v. 96, n. May, p. 322–328, 2018.

CARVALHO-SILVA, L. B. DE et al. Antiproliferative, antimutagenic and antioxidant activities of a Brazilian tropical fruit juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 59, p. 1319–1324, 2014.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. DE A.; BECKMAN, J. C. Estudo da estabilidade de polpas de frutas tropicais mistas congeladas utilizadas na formulação de bebidas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. e2016023, p. 1–9, 2017.

CASTILLEJO, N. et al. Preservation of bioactive compounds of a green vegetable

smoothie using short time-high temperature mild thermal treatment. **Food Science and Technology International**, v. 0, n. 0, p. 1–15, 2017.

CASTILLEJO, N. et al. Bioactive compounds changes of a green vegetable smoothie after thermal treatments and during shelf life. **Acta Horticulturae**, v. 1194, p. 935–939, 2018.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/>>. Acesso em 06 de Janeiro de 2019.

DE ANCOS, B. et al. Effects of two different drying methods (freeze-drying and hot air-drying) on the phenolic and carotenoid profile of ‘Ataulfo’ mango by-products. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 2145–2157, 2018.

CÓRDOVA K.R.V., GAMA T.M.M.T.B., WINTER C.M.G., NETO G.K., FREITAS R.J.S. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* flavicarpa Degener) obtida por secagem. **Bol Cent Pesq Proc Alim** 23: 221-230. 2005.

DOS REIS, L. C. R. et al. Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 7, p. 2679–2691, 2018.

GONZÁLEZ-TEJEDOR, G. A. et al. Quality changes and shelf-life prediction of a fresh fruit and vegetable purple smoothie. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, p. 1892–1904, 2017.

HERNÁNDEZ-CARRANZA, P. et al. Ultraviolet-C light effect on physicochemical, bioactive, microbiological, and sensorial characteristics of carrot (*Daucus carota*) beverages. **Food Science and Technology International**, v. 22, n. 6, p. 536–546, 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. Ed. São Paulo: IMESP, 2008.

KOBORI C.N., JORGE N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Cien Agrotec** 29: 1008 – 1014. 2005.

MARTÍNEZ-FLORES, H. E. et al. Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. **Food Chemistry**, v. 172, p. 650–656, 2015.

MORALES-DE LA PEÑA, M. et al. Changes in bioactive compounds concentration and physicochemical properties of mango smoothies treated by ultrasound. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 17, n. 1, p. 131–144, 2018.

MOURA, S. C. S. R. DE et al. Characterization and evaluation of stability of bioactive compounds in fruit smoothies. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 216–223, 2017.

NADEEM, M. et al. Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. **Ultrasonics - Sonochemistry**, v. 45, p. 1–6, 2018.

NELLIS, S. C.; CORREIA, A. DE F. K.; SPOTO, M. H. F. Extração e quantificação de carotenoides em minitomate desidratado (Sweet Grape) através da aplicação de diferentes solventes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. e2016156, 2017.

ODRIOZOLA-SERRANO, I., SOLIVA-FORTUNY, R., MARTÍN-BELLOSO, O. Changes of health-related compounds throughout cold storage of tomato juice stabilized by thermal or high intensity pulsed electric field treatments. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, n. 3, p. 272–279, 2008. doi:10.1016/j.ifset.2007.07.009.

OLIVEIRA, R. G. DE; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 244–249, 2010.

PACHECO, S. et al. **Adaptação do método de extração de carotenoides para escala de micro-extração**. IV Reunião de Biofortificação. **Anais...** Teresina, Piauí: 2001

PATRAS, A., BRUNTON, N., DA PIEVE, S., BUTLER, F., DOWNEY, G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 1, p. 16–22, 2009. doi:10.1016/j.ifset.2008.09.008.

PEREIRA, A. C. S.; SIQUEIRA, A. M. A.; FARIAS, J. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco, polpa de abacaxi e acerola. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 4, p. 441–447, 2009.

RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourisation assay. **Free Radical and Biology Medicine**, 26, 1231–1237. 1999.

RIBEIRO, L. DE O. et al. Effect of processing on bioactive compounds, physicochemical and rheological characteristics of juçara, banana and strawberry smoothie. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 73, p. 222–227, 2018.

SAUTHIER, M. C. DA S. et al. Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN). **Food Chemistry**, v. 273, p. 115–123, 2019.

SCARANO, A. et al. Phytochemical analysis and antioxidant properties in colored tiggiano carrots. **Agriculture**, v. 8, n. 102, p. 1–8, 2018.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A; STANISLAS G.; DOURAGUIA E.; GONTHIER, M. Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. **Food Chemistry**, v. 212, p. 225-233, 2016.

SEPÚLVEDA, E., SÁENZ, C., NAVARRETE, A., RUSTOM, A. Parámetros de color del jugo de granadilla (*Passiflora edulis* Sims): influencia de la época de cosecha de la fruta/ Color parameters of passion fruit juice (*Passiflora edulis* Sims): influence of harvest season. **Food Science and Technology International**, v. 2, n. 1, p. 29–33, 1996. DOI:10.1177/108201329600200104.

ŠEREGELJ, V. et al. Accelerated solvent extraction of bioactive compounds from carrot – Optimization of response surface methodology. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 83, n. 11, p. 1223–1228, 2018.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1965.

SOUSA, P. H. M. et al. Comparison of acceptability of tropical fruit mixed nectars by mean test and multivariate statistical analysis. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2307–2316, 2013.

ZERAIK, M. L. et al. Maracujá: um alimento funcional? **Revista Brasileira de**

Farmacognosia, v. 20, n. 3, p. 459–471, 2010.

ZERAIK M.L., YARIWAKE, J.H. Quantification of isoorientin and total flavonoids in

Passiflora edulis fruit pulp by HPLC-UV/DAD. **Microchem J**, in press,
doi:10.1016/j.microc.2010.02.003. 2010.

8 OUTRAS ATIVIDADES

- Participação na atividade de extensão intitulada “Introdução às Boas Práticas de Fabricação de Alimentos em Agroindústrias Familiares”, promovida pelo Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFS, realizada em julho de 2018;
- Participação na atividade de extensão “Análise de Coliformes”, promovida pelo Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFS, realizada no período de 17 a 20 de setembro de 2018;
- Participação na IV Semana de Tecnologia em Alimentos: Avanços, Inovações & Perspectivas na Tecnologia de Alimentos promovida pelo Instituto Federal de Sergipe (IFS) - Campus São Cristóvão no período de 02 a 05 de outubro de 2018;
- Participação na atividade de extensão “Open Innovation e Propriedade Intelectual”, promovida pelo Centro De Inovação e Transferência de Tecnologia – UFS, realizada no dia 20 de novembro de 2018;
- Participação no V SEMAC, no Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, com o minicurso de Redação Científica no período de 05 a 09 de novembro 2018;
- Apresentação do trabalho intitulado "Interação antioxidante entre um ingrediente fenólico obtido do bagaço de caju (*Anacardium occidentale* L.) com a fração lipídica extraída da borra do café (*Coffea arabica* L.)" durante o 28º Encontro de Iniciação Científica – EIC da UFS realizado no período de 5 a 9 de novembro de 2018;
- Participação na International Symposium on Technological Innovation – ISTI como coautora do resumo aceito intitulado “Microencapsulamento de compostos bioativos extraídos do resíduo do processamento da graviola (*Annona muricata* L.)” realizado no período de 19 a 21 de setembro de 2018 em Aracaju (SE);
- Participação na VI Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos: Uma Nova Versão, realizada entre os dias 03 e 07 de dezembro de 2018, no Campus São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe, onde foi aceito e apresentado o

trabalho intitulado “Microencapsulação de compostos bioativos extraídos do resíduo do processamento da graviola (*Annona muricata* L.)”;

- Participação no minicurso “Elaboração de Relatório Científico”, promovido pelo Centro Acadêmico de Engenharia de Alimentos – UFS, realizada no dia 16 de maio de 2019;